

浙南近海虾类群落结构及其多样性分析

陈伟峰¹, 彭欣², 叶深², 谢起浪^{1,2}, 陈少波^{1,2}, 汪振华³, 陈骁⁴

(1. 温州医科大学 生命科学学院, 浙江 温州 325035; 2. 浙江省海洋水产养殖研究所, 浙江 温州 325005; 3. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 4. 华南农业大学 海洋学院, 广东 广州 510642)

摘要: 作者根据 2015 年 11 月(秋季)、2016 年 2 月(冬季)、2016 年 5 月(春季)和 2016 年 8 月(夏季)对浙南近海进行的渔业资源调查数据, 用生物量作为虾类资源分布的数量指标, 对该海域虾类的组成、数量分布以及季节变化进行分析。结果显示: 该区域共鉴定出虾类 30 种, 隶属于 10 科 21 属, 以对虾科(Penaeidae)虾类最多, 其次为管鞭虾科(Solenoceridae), 长臂虾科(Palaemonida)位居第 3 位。按季节来看, 秋季共鉴定出虾类 27 种, 各站位平均生物量为 6.97 kg/km², 优势种为凹陷管鞭虾(*Solenocera koelbeli*)、中国毛虾(*Acetes chinensis*)和中华管鞭虾(*Solenocera crassicornis*)等 3 种; 冬季鉴定出虾类 25 种, 平均生物量为 1.65 kg/km², 优势种为凹陷管鞭虾、扁足异对虾(*Atypopenaeus stenodactylus*)、日本鼓虾(*Alpheus japonicus*)、鲜明鼓虾(*Alpheus digitalis*)、中国毛虾、中华管鞭虾和周氏新对虾(*Metapenaeus joyneri*)等 7 种; 春季 20 种, 平均生物量为 2.22 kg/km², 优势种为戴氏赤虾(*Metapenaeopsis dalei*)、东海红虾(*Metapenaeopsis dalei*)和中华管鞭虾等 3 种; 夏季 16 种, 平均生物量为 10.36 kg/km², 优势种有鹰爪虾(*Trachysalambria curvirostris*)和中华管鞭虾等 2 种。Margalef 丰富度指数(*D*)、Shannon-Wiener 多样性指数(*H'*)和 Pielou 均匀度指数(*J'*)秋季均低于冬季。秋冬季受到浙闽沿岸流影响, 温度、盐度相对较低, 夏季受到台湾暖流外侧影响, 温度、盐度相对较高, 且各季节间由于瓯江、椒江、飞云江、鳌江等陆源性冲淡水的影响, 盐度、温度变化相对较大, 使得该区域的物种不得不适应一个跨度较大的温盐范围, 广温广盐性种类为主。

关键词: 浙南; 近海; 虾类; 群落结构; 多样性

中图分类号: P735 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2018)03-0037-09

DOI: 10.11759/hyxx20170801001

浙南近海有多种海流、水团、水系相交汇, 水质肥沃、饵料生物丰富, 是中国重要的海洋渔场^[1], 自 20 世纪 80 年代以来随着传统经济鱼类资源的逐渐衰退, 作为鱼类饵料的虾类得以大量繁衍, 其数量及捕捞产量逐年增加, 其中具有较高经济价值的虾类有 10 多种, 如中华管鞭虾(*Solenocera crassicornis*)、凹管鞭虾(*Solenocera koelbeli*)、高脊管鞭虾(*Solenocera alticarinat*)、大管鞭虾(*Solenocera melantho*)、假长缝拟对虾(*Parapenaeus fissuroide*)、长角赤虾(*Metapenaeopsis longirostr*)。有关虾类群落结构的研究也逐渐成为国内外学者的研究热点^[2-4]。张洪亮等^[5-8]曾对浙南沿海海域春季虾类资源分布、群落结构以及与环境因子间的关系进行研究, 随着分子技术的发展, 也有许多学者对虾类的细胞结构进行了研究^[9-10]。随着沿海经济迅猛发展, 海洋海岸工程频繁建设, 陆源污染物大量入海, 对海洋生态环境与生物群落造成的损害日益严重。为保护日益衰退的渔业资源, 修复生物群落

多样性日益受到世界各国重视^[11-13], 因此作者对浙南近海虾类资源进行种类组成、时空分布以及多样性研究, 有助于认识浙南近海虾类资源的动态变化, 同时对丰富中国近海虾类地理区系的基础资料、制定海洋资源管理和保护政策和措施等均具有一定科学意义。

1 材料与方法

1.1 调查方法

文中所用的数据取自于 2015 年 11 月~2016 年 8

收稿日期: 2017-08-01; 修回日期: 2017-11-04

基金项目: 国家自然科学基金地区项目(41666008); 广西科学院基本科研业务费项目(15YJ22HSL09)

[Foundation: the National Natural Science Foundation Regional Program of China, No.41666008; the Fundamental Research Funds Program for Guangxi Academy of Sciences, No. 15YJ22HSL09]

作者简介: 陈伟峰(1993-), 男, 浙江金华人, 硕士研究生, 主要从事渔业资源学研究, 电话: 18267807121, E-mail: WMUchenwf@yeah.net; 彭欣, 通信作者, 电话: 0577-88220102, E-mail: pengxin_1128@163.com

月在温台渔场及邻近海域开展渔业资源资料调查项目。调查范围为 121°00'~123°00'E, 27°00'~129°00'N, 渔业资源调查共设 10 个站位(图 1)。调查船为“浙渔 10109”号底拖网船, 调查船主功率为 396 kW, 吨位为 800 t。船上配有卫导、鱼探仪, 对讲机等导航、以及其他助渔机械设备。调查网具为拖网, 水下网口大小约为 30 m(宽)×4 m(高), 囊网网目为 2.5 cm, 每站拖曳时间为 1 h, 在到站前 2 n mile 处放网, 拖速控制在 2~3 knots, 调查均于白天进行。渔业资源调查采样及渔业基础生物学测定按照《海洋调查规范第 6 部分: 海洋生物调查》^[14]进行。每站拖网所获得的渔获物若小于 40 kg 的全取, 若大于 40 kg 的, 在选取大型稀少样本后, 随机取样, 低温保存。样品鉴定及虾类的生物学测定在实验室内进行, 精确度为 0.1 g。

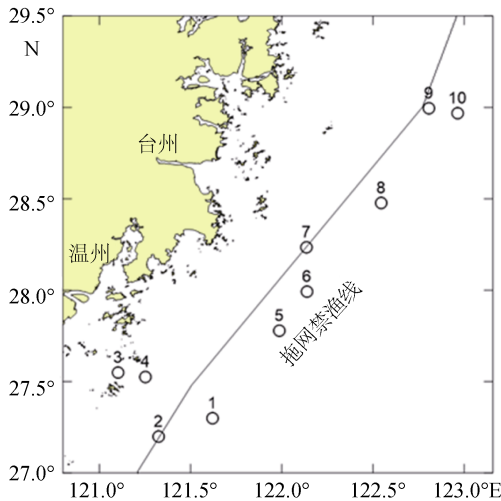


图 1 渔业资源调查站位
Fig. 1 The sampling stations

1.2 数据处理方法

底拖网各站位调查数据用扫海面积法^[15]进行标准化处理, 计算公式为:

$$\rho_{ij} = C_{ij} / D(1-E) V_{ij} T_{ij}$$

式中, ρ_{ij} 为 i 月 j 站位的资源密度(kg/km² 或 10³ 个/km²), C_{ij} 为 i 月 j 站位的渔获量(kg)或尾数(ind.), D 为网口水平扩张宽度(km) V_{ij} 为 i 月 j 站位的平均拖速(km/h), T_{ij} 为 i 月 j 站位的作业时间(h), E 为逃逸率(取 0.5)^[16]。

鱼类优势种主要根据相对重要性指数(Index of Relative Importance, IRI)^[17]来确定, 其计算公式为:

$$IRI = (W_i + P_i) F$$

式中, W_i 为某种渔获物的质量占总渔获质量的百分

数(%), P_i 为某种渔获物的尾数占总渔获尾数的百分数(%), F 为某种渔获物在各航次拖网总次数中出现的频率, 即出现次数与总拖网次数之百分比(%). 本文将相对重要性指数大于 1 000 的定为优势种, 100~1 000 的定为常见种^[18]。

Margalef 丰富度指数 (D)^[19]、Shannon-Wiener 多样性指数(H')^[20]、Pielou 均匀度指数(J')^[21]的计算式分别为:

$$D = (S-1) / \ln N$$

$$H' = -\sum_{i=1}^i (P_i) \ln(P_i)$$

$$J' = H' / \ln S$$

式中, S 为虾类总种数, N 为虾类总个体数, P_i 为第 i 种虾类个体数或生物量占虾类总个体数或总生物量的比例。

显著性检验与相关性分析分别采用 SPSS20 的方差分析法(ANOVA)和曲线回归分析法(CURVE ESTIMATION); 渔业资源调查站位图和虾类数量分布图采用 Suffer11 软件制作。本文虾类种类名录主要参照《中国海洋生物名录》^[22]。

2 结果

2.1 虾类种类组成

浙南近海调查海域虾类种类组成以 2015—2016 年 4 季渔业资源定点拖网调查所获得的渔获物为基础, 虾类种类数见表 1。本次调查渔获共鉴定出虾类 30 种, 隶属于 10 科 21 属。其中, 对虾科种类数最多, 共 9 属 13 种, 其次为管鞭虾科, 共 1 属 4 种, 第三为长臂虾科, 共 1 属 3 种。根据虾类的生态习性, 可将分布在本次调查海域虾类划分为广温低盐生态类群、广温广盐生态类群和高温高盐生态类群三大生态类群。其中广温低盐生态类群共 5 种, 广温广盐生态类群共 17 种, 高温高盐生态类群共 8 种, 广温广盐生态类群种类数占捕获虾类种类的 56.67%。秋季共鉴定出虾类 27 种, 隶属于 9 科 17 属; 冬季共鉴定出 25 种, 隶属于 9 科 19 属; 春季 20 种隶属于 6 科 14 属; 夏季 16 种, 隶属于 5 科 12 属。

2.2 虾类生物量时空分布

调查结果显示, 浙南近海各季节资源量季节变化明显。本次调查虾类总渔获量为 126.02 kg, 其中秋季 55.89 kg、冬季 5.20 kg、春季 7.32 kg、夏季 57.61 kg。为了使各个调查站位的渔获量更有可比性, 本文使用渔获率作为鱼类资源分布的数量指标。

表 1 浙南近海虾类组成

Tab. 1 The composition of shrimp species in the coastal area of Zhejiang

种名	生态群落		
	A	B	C
对虾科 (Penaeidae)			
明对虾属 (<i>Fenneropenaeus</i>)			
中国明对虾 (<i>Fenneropenaeus chinensis</i>)			
囊对虾属 (<i>Marsupenaeus</i>)			
日本囊对虾 (<i>Marsupenaeus japonicus</i>)			
赤虾属 (<i>Metapenaeopsis</i>)			
须赤虾 (<i>Metapenaeopsis barbata</i>)			
戴氏赤虾 (<i>Metapenaeopsis dalei</i>)			
长角赤虾 (<i>Metapenaeopsis longirostris</i>)			
新对虾属 (<i>Metapenaeus</i>)			
周氏新对虾 (<i>Metapenaeus joyneri</i>)			
仿对虾属 (<i>Parapenaeopsis</i>)			
哈氏仿对虾 (<i>Parapenaeopsis hardwickii</i>)			
刀额仿对虾 (<i>Parapenaeopsis cultrirostris</i>)			
细巧仿对虾 (<i>Parapenaeopsis tenella</i>)			
拟对虾属 (<i>Parapenaeus</i>)			
假长缝拟对虾 (<i>Parapenaeus fissuroides</i>)			
异对虾属 (<i>Atypopenaeus</i>)			
扁足异对虾 (<i>Atypopenaeus stenodactylus</i>)			
对虾属 (<i>Penaeus</i>)			
斑节对虾 (<i>Penaeus monodon</i>)			
鹰爪虾属 (<i>Trachysalambria</i>)			
鹰爪虾 (<i>Trachysalambria curvirostris</i>)			
单肢虾科 (Sicyonidae)			
单肢虾属 (<i>Sicyonia</i>)			
脊单肢虾 (<i>Sicyonia cristata</i>)			
管鞭虾科 (Solenoceridae)			
管鞭虾属 (<i>Solenocera</i>)			
高脊管鞭虾 (<i>Solenocera alticarinata</i>)			
中华管鞭虾 (<i>Solenocera crassicornis</i>)			
凹陷管鞭虾 (<i>Solenocera koelbeli</i>)			
大管鞭虾 (<i>Solenocera melantho</i>)			
樱虾科 (Sergestidae)			
毛虾属 (<i>Acetes</i>)			
中国毛虾 (<i>Acetes chinensis</i>)			
鼓虾科 (Alpheu)			
鼓虾属 (<i>Alpheus</i>)			
鲜明鼓虾 (<i>Alpheus digitalis</i>)			
日本鼓虾 (<i>Alpheus japonicus</i>)			
藻虾科 (Hippolytidae)			
鞭腕虾属 (<i>Lysmata</i>)			

种名	生态群落		
	A	B	C
红条鞭腕虾 (<i>Lysmata vittata</i>)			
船型虾属 (<i>Tozeuma</i>)			
多齿船形虾船形虾 (<i>Tozeuma lanceolatum</i>)			
褐虾科 (Crangonidae)			
褐虾属 (<i>Crango</i>)			
脊腹褐虾 (<i>Crangon affinis</i>)			
长臂虾科 (Palaemonida)			
白虾属 (<i>Exopalaemon</i>)			
安氏白虾 (<i>Exopalaemon annandalei</i>)			
脊尾白虾 (<i>Exopalaemon carinicauda</i>)			
长臂虾属 (<i>Palaemon</i>)			
葛氏长臂虾 (<i>Palaemon gravieri</i>)			
长额虾科 (Pandalidae)			
红虾属 (<i>Plesionika</i>)			
东海红虾 (<i>Plesionika izumiae</i>)			
等腕虾属 (<i>Heterocarpoides</i>)			
滑脊等腕虾 (<i>Heterocarpoides laevicarina</i>)			
玻璃虾科 (Pasiphaeidae)			
细螯虾属 (<i>Leptochele</i>)			
细螯虾 (<i>Leptochela gracilis</i>)			

注: A. 广温低盐生态群落; B. 广温广盐生态群落; C. 高温高盐生态群落

秋季虾类的平均生物量为 6.98 kg/km², 不同站位的渔获率在 0.35~22.76 kg/km²(图 2)。从图中可以看出生物量最高出现在 5 号站位, 为 22.76 kg/km², 远高于其他站位, 优势种为凹陷管鞭虾和中国毛虾, 其质量分别占据了该站位总渔获量的 65.03%和 8.73%。生物量最低的出现在 6 号站位, 为 0.35 kg/h, 优势种为中国毛虾, 其渔获率占据了该站位总渔获率的 85.33%。

冬季虾类的平均生物量为 1.65 kg/km², 不同站位的生物量在 0.02~6.76 kg/km²。其中渔获率最高的出现在 8 号站位, 为 6.76 kg/km², 优势种为日本鼓虾、鲜明鼓虾、凹陷管鞭虾和周氏新对虾, 质量分别占据了该站位渔获物的 19.59%、32.50%、17.94%和 10.93%。生物量最低出现在 1 号站位, 为 0.02 kg/km², 优势种为周氏新对虾、中华管鞭虾和中国对虾, 质量分别占据了该站位渔获物的 27.50%、32.25%和 10.30%。

春季虾类的平均生物量为 2.22 kg/km², 不同站

位生物量在 0.28~5.41 kg/km²。其中生物量最高出现在 3 号站位, 为 5.41 kg/km², 优势种为东海红虾、中华管鞭虾和细巧仿对虾, 分别占据该站位总渔获的 34.07%、25.19%和 10.45%。生物量最低出现在 10 号站位, 仅捕获须赤虾和戴氏赤虾两种虾类。

夏季虾类平均生物量最高, 为 10.36 kg/km², 不同站位渔获率在 0.24~27.23 kg/km²。其中渔获率最高出现在 3 号站位, 为 27.23 kg/km², 对应的优势种为中华管鞭虾, 占该站总渔获的 92.25%, 生物量最低出现在 6 号站位, 为 0.24 kg/km², 该站位仅捕获少量的须赤虾和鹰爪虾。

2.3 生物量及丰度

调查海域各个季节平均资源量指数如图 3 所示。由图 3 可知, 平均生物量最大值出现在夏季, 为 30.36 kg/km², 其次是秋季 6.98 kg/km², 春季 2.22 kg/km², 冬季 1.65 kg/km²。平均丰度最大值出现在秋季, 为 22.92×10³ 个/km², 其次为夏季 7.45×10³ 个/km², 春季 5.06×10³ 个/km², 冬季 4.22×10³ 个/km²。

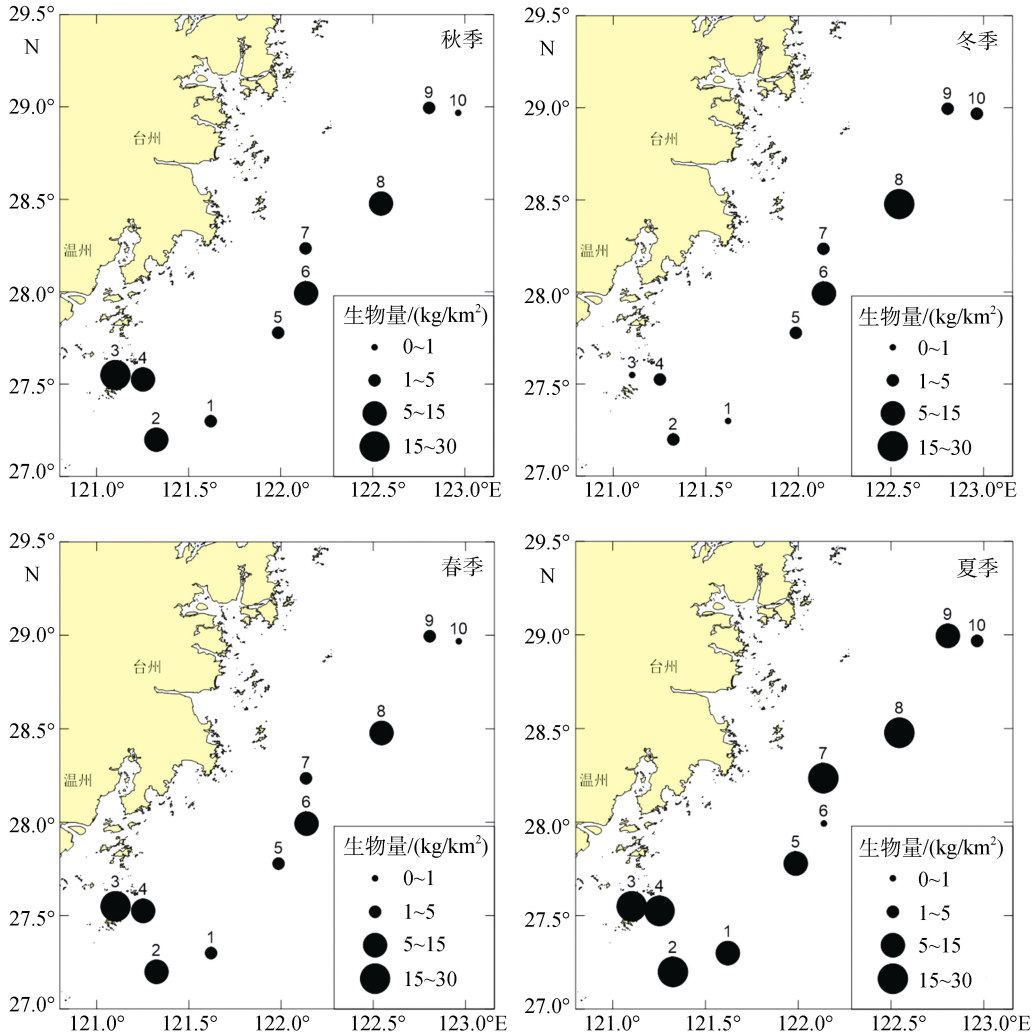


图 2 调查海域虾类质量渔获率分布

Fig. 2 The shrimp catch rates by weight in the survey area

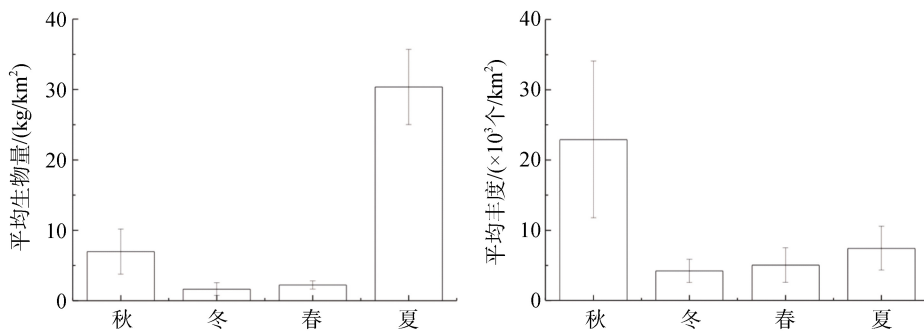


图 3 虾类资源量指数的季节变化

Fig. 3 Seasonal variations in the abundance density of shrimps

2.4 优势种分析

根据相对重要性指数(IRI)分析虾类的优势种, 分析结果如表 2 所示, 其中秋季的优势种有凹陷管鞭虾、中国毛虾和中华管鞭虾等 3 种, 常见种有东海红虾、哈氏仿对虾、滑脊等腕虾、日本鼓虾、鲜明

鼓虾和细巧仿对虾等 6 种。冬季的优势种为凹管鞭虾、扁足异对虾、日本鼓虾、鲜明鼓虾、中国毛虾、中华管鞭虾和周氏新对虾等 7 种, 常见种有大管鞭虾、戴氏赤虾、东海红虾、哈氏仿对虾、滑脊等腕虾、假长缝拟对虾和细巧仿对虾等 7 种。春季优势

种为戴氏赤虾、东海红虾和中华管鞭虾等 3 种, 常见种有扁足异对虾、葛氏长臂虾、日本鼓虾、细巧仿对虾、须赤虾和鹰爪虾等 6 种。夏季的优势种为鹰爪虾和中华管鞭虾等 2 种, 常见种有扁足异对虾、戴氏赤虾、哈氏仿对虾和须赤虾等 4 种。

2.5 生物多样性指数变化

由表 3 可知, Margalef 丰富度指数(*D*)秋季平均值为 2.70, 冬季平均值为 3.36, 春季平均值为 2.37; 夏季平均值为 1.68。

表 2 浙南近海调查海域虾类优势种及常见种的季节变化

Tab. 2 Seasonal variations of the dominant species and the common species of shrimps in the coastal area of Zhejiang

优势种	秋	冬	春	夏
凹陷管鞭虾	3200.37*	1107.62*	33.52	5.23
扁足异对虾	80.85	1576.66*	259.99	126.72
大管鞭虾	0.57	174.73	0	32.36
戴氏赤虾	15.45	499.44	2162.09*	218.85
东海红虾	162.06	532.18	3701.52*	36.82
葛氏长臂虾	53.75	31.13	114.15	0
哈氏仿对虾	216.28	225.1	72.10	469.53
滑脊等腕虾	113.83	159.61	51.34	2.00
假长缝拟对虾	58.21	295.26	26.14	0
日本鼓虾	214.06	1940.93*	146.56	1.41
细巧仿对虾	807.45	837.19	252.35	2.59
鲜明鼓虾	133.41	1253.66*	72.75	0.78
须赤虾	5.65	0	702.75	421.63
鹰爪虾	36.76	37.01	467.28	1208.99*
中国毛虾	2640.43*	2201.68*	59.09	0
中华管鞭虾	3965.54*	1017.5*	2662.6*	13605.58*
周氏新对虾	88.64	1024.37*	15.09	0

注: *表示优势种

表 3 浙南近海调查海域虾类群落生物多样性指数的季节变化

Tab. 3 Seasonal variations in the shrimp community in the coastal area of Zhejiang

季节	<i>D</i>			<i>H'</i>			<i>J</i>		
	<i>D</i> ±SD	最大	最小	<i>H'</i> ±SD	最大	最小	<i>J</i> ±SD	最大	最小
秋季	2.70±0.50	3.21	0.50	1.91±0.14	2.43	1.32	0.58±0.10	0.70	0.46
冬季	3.36±0.54	4.24	0.73	2.16±0.22	2.78	1.20	0.65±0.16	1.00	0.40
春季	2.37±0.44	3.20	0.66	1.92±0.09	2.30	1.35	0.63±0.15	0.96	0.44
夏季	1.68±0.31	2.32	0.60	1.39±0.08	1.78	1.06	0.50±0.22	0.93	0.30

注: *D*: 丰富度指数; *H'*: 多样性指数; *J*: 均匀度指数

Shannon-Wiener 多样性指数(*H'*)秋季平均值为 1.91, 冬季平均值为 2.16, 春季多样性指数平均值为 1.92; 夏季平均为 1.39。

Pielou 均匀度指数(*J*)秋季平均值为 0.58, 冬季平均值为 0.65, 春季均匀度指数平均值为 0.63, 夏季平均值为 0.50。

3 讨论

3.1 虾类生态类群分析

根据本次调查结果, 在浙南近海海域共鉴定出

虾类有 30 种, 其中秋季 27 种, 冬季 25 种, 春季 20 种, 夏季 16 种。所鉴定的 30 种中, 广温广盐性虾类在数量上占主导地位, 这可能因为浙南沿海处于亚热带季风气候区, 太阳辐射强烈, 海水温度相对较高^[23], 同时由于台湾暖流入侵浙江沿岸大陆架带来大量的暖水, 因而使得浙南近海海洋生态环境变化多样。本次调查区域位于浙南近海, 受到多水团影响, 季节间温度变化较大。秋冬季受到浙闽沿岸流影响, 温度、盐度相对较低, 夏季受到台湾暖流外侧影响, 温度、盐度相对较高, 且各季节间由于瓯江、椒江、飞

云江、鳌江等陆源性冲淡水的影响, 盐度、温度变化相对较大, 使得该区域的物种不得不适应一个跨度较大的温盐范围, 迫使该区域的虾类以广温广盐性种类为主。

3.2 虾类优势种分析

依据相对重要性指数的计算结果(表 2), 浙南近海秋季主要其优势种为凹陷管鞭虾、中华管鞭虾和中国毛虾, 以上 3 种均为东海区虾类的常见种^[24]。资源量最高的 5 号站位, 凹管鞭虾占总渔获量的 65.03%, 其次为中国毛虾 8.73%。位于南麂列岛附近的 3、4 号站位, 其优势种为中华管鞭虾、哈氏仿对虾和周氏新对虾, 3 种虾类占总资源量的 95.31%, 与夏陆军等^[1]对南麂列岛的调查结果相一致。冬季的优势种为凹管鞭虾、扁足异对虾、日本鼓虾、鲜明鼓虾、中国毛虾、中华管鞭虾和周氏新对虾等 7 种。相比秋季, 调查海域广温广盐种日本鼓虾等的比例大幅度上升, 其中日本鼓虾喜泥沙底质浅海水域, 因而较多分布于浙南近海海域^[25]。春季优势种为戴氏赤虾、东海红虾和中华管鞭虾等 3 种, 在夏季的优势种为鹰爪虾和中华管鞭虾等 2 种, 因为夏季鹰爪虾正处于生长期, 且个体较大, 因而取代春季的戴氏赤虾和东海红虾成为优势种。中华管鞭虾为本次调查海域 4 个季度的共同优势种, 且优势度明显, 在该海域具有较大的开发潜力。

3.3 虾类多样性分析

从虾类生物多样性的季节变化来看, 浙南近海调查海域秋季 Margalef 丰富度指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数平均值、最大值和最小值变化不大, 但是总体指数秋冬季较高, 春夏季较低, 造成这一结果可能是因为: 春夏是台湾暖流外侧影响的强势时期, 由于环境稳定, 适宜某一种或某几种生物繁殖, 使得其大量生长, 抢占了其他生物的生存空间, 导致多样性降低。而其他季节由于环境波动剧烈, 造成了生境的多样性, 使得物种丰富度增加。此外, 虾类处在海洋食物链的较底层, 其数量变动与高营养级的鱼类等生物存在关联^[26], 浙南近海鱼类种类和数量在冬季均处于最低水平^[27], 这也可能是造成冬季秋季虾类多样性和均匀度高于其他季节的原因。

参考文献:

[1] 夏陆军, 俞存根, 蔡厚才, 等. 南麂列岛海洋自然保

护区虾类群落结构及其多样性[J]. 海洋学报, 2016, 38(2): 73-83.

Xia Lujun, Yu Cungen, Cai Houcai, et al. Community structure and diversity of shrimp in Nanji Islands marine conservation area[J]. Journal of Oceanography, 2016, 38(2): 73-83.

[2] 宋海棠, 姚光展, 俞存根, 等. 东海虾类的种类组成和数量分布[J]. 海洋学报, 2003, 25(S1): 171-179.

Song Haitang, Yao Guangzhan, Yu Cungen, et al. Species composition and quantitative distribution of shrimps in the East China Sea[J]. Journal of Oceanography, 2003, 25(S1): 171-179.

[3] 宋海棠. 东海虾类的生态群落与区系特征[J]. 海洋科学集刊, 2002, 44: 124-133.

Song Haitang. The ecological colon and fauna characteristics of East China Sea shrimp[J]. Studia Marina Asinica, 2002, 44: 124-133.

[4] 俞存根, 陈小庆, 宋海棠, 等. 春季东海海域虾类群落结构及其多样性[J]. 生态学报, 2009, 29(7): 3594-3604.

Yu Cungen, Chen Xiaoqing, Song Haitang, et al. Analysis on community structure and diversity of shrimps in East China Sea in spring[J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(7): 3594-3604.

[5] 张洪亮, 王忠明, 朱增军, 等. 浙江南部沿岸产卵场春季虾类群落结构特征分析[J]. 水生生物学报, 2013, 37(4): 712-721.

Zhang Hongliang, Wang Zhongming, Zhu Zengjun, et al. Analysis on the community and characteristics of shrimps in the coastal spawning group of south Zhejiang during spring[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2013, 37(4): 712-721.

[6] 齐海明, 徐兆礼. 椒江口海域春秋季节虾类资源分布与环境的关 系[J]. 生态学杂志, 2013, 32(8): 2062-2069.

Qi Haiming, Xu Zhaoli. Shrimp resource distribution and its relationships with environment in the Jiaojiang Estuary of East China in spring and autumn[J]. Chinese Journal of Ecology, 2013, 32(8): 2062-2069.

[7] 齐海明, 孙岳, 徐兆礼, 等. 椒江口海域春秋季节虾类群落结构及其影响因素[J]. 应用生态学报, 2013, 24(12): 3546-3552.

Qi Haiming, Sun Yue, Xu Zhaoli, et al. Shrimp community structure and its influential factors in the Jiaojiang River estuary during spring and autumn[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2013, 24(12): 3546-3552.

[8] 齐海明. 椒江口海域甲壳动物群落结构和资源分布及其与环境因子的关系[D]. 上海: 上海海洋大学, 2014: 1-54.

Qi Haiming. Relationship of crustaceans community structure and resources distribution with environment factors in the Jiaojiang Estuary[D]. Shanghai: Shanghai

- Ocean University, 2014: 1-54.
- [9] 张天澍, 杨晓菁, 邹中菊, 等. 罗氏沼虾四倍体诱导的研究[J]. 水生生物学报, 2005, 29(5): 538-543.
Zhang Tianshu, Yang Xiaojing, Zou Zhongju, et al. Study on the tetraploidy induction in the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2005, 29(5): 538-543.
- [10] 朱冬发, 王桂忠, 李少菁. 东方扁虾卵子发生的超微结构[J]. 水生生物学报, 2006, 30(4): 439-445.
Zhu Dongfa, Wang Guizhong Li Shaojing. Ultrastructure of oogenesis in *Thenus orientalis*[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2006, 30(4): 439-445.
- [11] Leveque C. Role and consequences of fish diversity in the functioning of African freshwater ecosystems: A review[J]. Aquat Living Resour, 1995, 8: 59-78.
- [12] Wolter C. Conservation of fish species diversity in navigable water ways[J]. Landscape Urban Planning, 2001, 5: 135-144.
- [13] Pombo L, Rebelo J E, Elliott M. The structure, diversity and somatic production of the fish community in an estuarine coastal lagoon[J]. Ria de Aveiro (Portugal), 2007, 587: 253-268.
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 海洋调查规范第6部分: 海洋生物调查[S]. GB/T 12763.6. 北京: 中国标准出版社, 2007.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Specifications for oceanographic survey Part 6: Marine biological survey[S]. GB/T 12763.6. Beijing: Standards Press of China, 2007.
- [15] 张洪亮, 梁君, 贺舟挺, 等. 岱衢洋渔业动物多样性分析[J]. 水生生物学报, 2012, 36(5): 922-931.
Zhang Hongliang, Liang Jun, He Zhouting, et al. Analysis on the species diversity of fishery animals in Daiqiyang[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2012, 36(5): 922-931.
- [16] Aglen A, Foyn L, Godos O R, et al. Surveys of the marine fish resources of Peninsular Malaysia, June-July, 1980[M]. Bergen: Institute of Marine Research, 1981: 9: 1-69.
- [17] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, blue fin tuna, and bonito in California waters[J]. Calif Shrimp Game, Fish Bull, 1971, 152: 1-105.
- [18] 俞存根, 虞聪达, 章飞军, 等. 浙江南部外海鱼类种类组成和数量分布[J]. 海洋与湖沼, 2009, 40(3): 353-360.
Yu Cungen, Yu Congda, Zhang Feijun, et al. Fish species and quantity off southern Zhejiang, East China Sea[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2009, 40(3): 353-360.
- [19] Margalef R. Information theory in ecology[J]. Gen Syst, 1958: 3(1): 36-71.
- [20] Shannon C E, Weaver W. The mathematical theory of communication[M]. Urbana, IL: University of Illinois Press, 1963: 125.
- [21] Pielou E C. An introduction to mathematical ecology[M]. New York: Wiley-Interscience, 1969: 286.
- [22] 刘瑞玉. 中国海洋生物名录[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 1-1267.
Liu Ruiyu. Checklist of marine biota of China seas[M]. Beijing: Science Press, 2008: 1-1267.
- [23] 许建平, 杨士英. 三门湾环境资源及其综合开发探讨[J]. 海洋开发与管理, 1993, 2: 5.
Xu Jianping, Yang Shiyang. Study on environmental resources and comprehensive development in the Sanmen Bay[J]. Ocean Development and Management, 1993, 2: 5.
- [24] 叶孙忠, 张壮丽, 洪明进, 等. 东海南部海域虾类种类组成及数量分布特点[J]. 海洋渔业, 2009, 3: 231-236.
Ye Sunzhong, Zhang Zhuangli, Hong Mingjin, et al. Species composition and quantitative distribution of shrimps in the southern part of East China Sea[J]. Marine Fisheries, 2009, 3: 231-236.
- [25] 彭俊, 陈沈良. 连云港近岸海域沉积物特征与沉积环境分析[J]. 海洋科学进展, 2010, 28(4): 445-454.
Peng Jun, Chen Shenliang. Analysis on sedimentary characteristics and environments in nearshore of Lianyungang[J]. Advanced in Marine Science, 2010, 28(4): 445-454.
- [26] 逢志伟, 徐宾铎, 陈学刚, 等. 胶州湾中部海域虾类群落结构及其多样性[J]. 中国水产科学, 2013, 20(2): 361-371.
Pang Zhiwei, Xu Binduo, Chen Xuegang, et al. Community structure and diversity of shrimp assemblages in the central waters of Jiaozhou Bay, China[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2013, 20(2): 361-371.
- [27] 李圣法, 程家骅, 李长松, 等. 东海中部鱼类群落多样性的季节变化[J]. 海洋渔业, 2005, 27(2): 113-119.
Li Shengfa, Cheng Jiahua, Li Changsong, et al. Seasonal changes on fish community diversity in the middle part of the East China Sea[J]. Marine Fisheries, 2005, 27(2): 113-119.

Community structure and diversity of shrimp species in the coastal area of south Zhejiang

CHEN Wei-feng¹, PENG Xin², YE Shen², XIE Qi-lang^{1, 2}, CHEN Shao-bo^{1, 2},
WANG Zhen-hua³, CHEN Xiao⁴

(1. School of Life Sciences, Wenzhou Medical University, Wenzhou 325035, China; 2. Zhejiang Mariculture Research Institute, Wenzhou 325005, China; 3. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 4. College of Marine Sciences, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Received: Aug. 1, 2017

Key words: South of Zhejiang; coastal area; shrimp; community structure; diversity

Abstract: Based on the results of investigation of fishery resources in the coastal area of south Zhejiang conducted during November 2015 (autumn), February 2016 (winter), May 2016 (spring), and August 2016 (summer), the composition, quantity, and the variation of shrimp species were analyzed and reported using biomass as the quantity index of the distribution of shrimp resources. A total of 30 species of shrimps were identified in this area, which belonged to 21 genera and 10 families. The majority of species belonged to Solenoceridae, followed by Penaeidae and Palaemonidae. In autumn, the average biomass of each station was 6.97 kg/km², and there were 27 species of shrimps identified in this season, among which the dominant species included *Solenocera koelbeli*, *Acetes chinensis*, and *Solenocera crassicornis*. In winter, the average biomass of each station was lower (1.65 kg/km²) than that in autumn. A total of 25 species of shrimps were caught in winter, with the dominant species being *Solenocera koelbeli*, *Atyopopenaeus stenodactylus*, *Alpheus japonicus*, *Alpheus digitalis*, *Acetes chinensis*, *Solenocera crassicornis*, and *Metapenaeus joyneri*. In spring, the average biomass of each station was 2.22 kg/km², and a total of 20 species of shrimps were caught, among which the dominant species included *Metapenaeopsis dalei*, *Metapenaeopsis dalei*, and *Solenocera crassicornis*. In summer, the average biomass was 10.36 kg/km², and 16 shrimp species were caught, among which *Trachysalambria curvirostris* and *Solenocera crassicornis* were dominant. In autumn, the Margalef index (D), the Shannon–Wiener index (H'), and the Pielou's evenness index (J') were lower than those in winter. The temperature and salinity were relatively low in summer and winter under the influence of the Zhejiang and Fujian coastal current, whereas they were relatively high in summer under the influence of the Taiwan Warm Current. The changes in salinity and temperature were relatively large due to the effects of land-based dilution water, such as Oujiang, Jiaojiang, Feiyunjiang, and Aojiang. This makes the species of this region to adapt to a large range of temperature and salinity and become eurythermal and euryhaline communities.

(本文编辑: 谭雪静)